

производства, увеличить эффективность ресурсосбережения за счет повышения прочностных свойств используемого сорбента, и в результате этого продлить срок его службы, исключить его потери, снизить энергозатраты производства, связанные с нарушением режима работы адсорберов.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЗОЛ И РЕЖИМА СЖИГАНИЯ УГЛЯ НА ТЕРМИЧЕСКУЮ АКТИВАЦИЮ ЗОЛ ТЭС

*Зыбина Е.С., Уфимцев В.М., Капустин Ф.Л.
УрФУ*

Щелочные выбросы, например основные золы, являются проблематичными для складирования, поскольку при контакте с водой образуют едкие щелочные композиции с $pH = 10...13$. Так как все крупные ТЭС страны используют водные технологии золошлакоудаления, то вероятность чрезвычайных ситуаций, связанных с аварийным выбросом щелочных стоков из отвалов ТЭС, остается весьма высокой. Наилучшим вариантом исключения опасности такого рода следует считать переработку токсичных выбросов в продукцию, востребованную рынком. Ранее установлено, что основные золы, как правило, обладают определенными вяжущими свойствами, низкий уровень которых обусловлен неполным связыванием извести в гидравлически активные фазы вследствие краткости прогрева зольных частиц в котлах ТЭС [1, 2].

Целью настоящей работы является сравнение результатов исследования по термоактивации высококальциевых зол. Указанное связано с изменением ассортимента сжигаемых углей на Березовской ГРЭС. В частности, пробы зол 4 и 5 (табл. 1), отобранные в 2009 г., содержат в сравнении с золами 1-3 отбора 1990 г. и позднее повышенное содержание извести [3].

Сравнивали пять проб золы, отличающихся генезисом и технологиями сжигания топлива. В табл. 1 содержатся данные по их химическому составу и дисперсности. Проба 2 получена при сжигании угля в циркулирующем кипящем слое (ЦКС). Проба 3 представляет собой продукт грануляции золы 1 и последующего пятилетнего атмосферного хранения гранул. Остальные пробы зол получены при факельном сжигании топлива.

Таблица 1

Свойства зольных проб

№	Проба зола	Дисперсность		Содержание оксидов, масс. %						
		$R_{008},$ %	$S_{уд.пов.},$ м ² /кг	$\Delta m_{пр}$	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
1	Березовская	4,0	378	1,4	19,4	10,6	7,3	40,3	6,2	11,8
2	Березовская*	6,0	689	11,2	20,7	10,9	12,9	31,9	4,6	6,7
3	Березовская ⁺	14,0	-	11,7	17,3	9,4	6,4	35,6	5,5	10,4
4	Березовская	4,0	476	5,3	20,2	10,6	6,7	48,1	3,4	8,6
5	Березовская	0	-	0,5	16,2	8,7	8,6	57,6	6,2	5,1

R_{008} – остаток на стандартном сите с ячейкой 80 мкм, $S_{уд.пов.}$ – удельная поверхность,

*- от сжигания угля в установке циркулирующего кипящего слоя (ЦКС),

⁺ - молотая гранулированная

Методика испытаний идентична методике, описанной в предыдущем исследовании [3].

В табл. 2 приведены результаты сделанных определений.

Пробы золы от сжигания Березовского угля 2 и 4 отобраны из золоуловителей Березовской ГРЭС (Красноярский край, пос. Шарыпово) в разные годы, причем последние из них – пробы 4 и 5 в начале и во второй половине 2009 г. Указанная ГРЭС относится к станциям с «твердым шлакоудалением», имеющим умеренную температуру сжигания топлива порядка 1300-1400 °С. Особый интерес представляет проба 5, которая отличается максимальным содержанием оксида кальция. Ожидалось, что при повышении температуры до уровня 1225 °С удастся повысить вяжущие свойства золы, однако при данной температуре произошло оплавление образцов.

Таблица 2

Свойства исходных зол и термоактивированного продукта на их основе

№ проб	Параметры	Исходн. зола	1150 °С	1180 °С	1200 °С		1225 °С
			12,5 мин	10 мин	2,5 мин	5 мин	6 мин
1	СаО _{св.} , %	2,3	0,2	-	0,5	0	-
	г ₀₀₈ , %	4,0	-	-	10	8	-
	ВВО	0,5	0,4	-	0,6	0,4	-
	Начал схв. *	>20	14	-	-	7	-
	R _{сж} **/сутки	20/1	58/1	-	9/1	43/1	-
	R _{сж} **/сутки	41/2	80/6	-	12/7	65/6	-
2	СаО _{св.} , %	5,2	0,2	-	-	0,3	-
	г ₀₀₈ , %	6,0	16	-	-	14	-
	ВВО	0,6	0,3	-	-	0,4	-
	Начал схв. *	>20	8	-	-	3	-
	R _{сж} **/сутки	0/1	95/2	-	-	61/1	-
	R _{сж} **/сутки	6,2/7	138/6	-	-	-:	-
3	СаО _{св.} , %	0,6	-	-	0,4	1,1	-
	г ₀₀₈ , %	14	-	-	8	10	-
	ВВО	0,4	-	-	0,6	0,3	-
	Начал схв. *	2	-	-	4	16	-
	R _{сж} **/сутки	15/1	-	-	0	12/1	-
	R _{сж} **/сутки	16/7	-	-	0	15/1	-
4	СаО _{св.} , %	7,3	-	-	0,9	0,2	-
	г ₀₀₈ , %	4,0	-	-	8	14	-
	ВВО	0,4	-	-	0,3	0,3	-
	Начал схв. *	8,0	-	-	6	3	-
	R _{сж} **/сутки	98/3	-	-	77/1	120/1	-
	R _{сж} **/сутки	-	-	-	70/7	169/7	-
5	СаО _{св.} , %	12,0	-	5,3	8,4	3,6	4,1
	г ₀₀₈ , %	0	-	8	0	6	16
	ВВО	0,3	-	0,3	0,3	0,8	0,2
	Начал схв. *	6	-	4	4	9	3
	R _{сж} **/сутки	21/1	-	0	6/1	9/1	6/1
	R _{сж} **/сутки	43/12	-	27/6	-	-	61/6

ВВО - водовязущее отношение; * - начало схватывания в минутах от момента затворения вяжущего водой; **-R_{сж}/сутки – прочность на сжатие в кгс/см² после твердения в течение указанных в знаменателе суток.

Из представленного в таблице следует, что зола Березовского бурого угля проявила способность к термоактивации независимо от технологии его сжигания. Для факельного сжигания зафиксировано увеличение суточной прочности более, чем в два раза, а в более поздние сроки твердения – в полтора раза, причем указанный результат достигнут при нагреве до 1150 и 1200 °С и выдержке 12,5 и 5 минут соответственно.

Отмечая сравнительно низкую активность как исходной, так и термоактивированной золы пробы 5, имеющей максимальное содержание извести, следует предположить, что отмеченное понижение активности обусловлено дефицитом в ее составе кислых оксидов, и, прежде всего, кремнезема, как одного из базовых оксидов в синтезе силикатов кальция. Кроме того, повышенное содержание в ее составе «плавней» в виде оксидов железа и алюминия понизило температурный уровень плавления данной пробы, что снизило возможности твердофазовой активации. Из указанного вытекает, что доля извести в золе не единственный критерий ее вяжущего потенциала, но он должен дополняться сбалансированным набором кислотных оксидов. Существенно, что гранулированная зола пятилетнего атмосферного хранения (проба 3) в сравнении с исходной золой (проба 1) снизила гидравлическую активность. Полагаем, что грануляция и последующее атмосферное воздействие ускорили переход зольной структуры в равновесное состояние. Наибольший эффект от термоактивации отмечен для Березовской золы, полученной при факельном сжигании (проба 4), при использовании температуры обжига 1200 °С и выдержке 5 мин и Березовской золы, полученной сжиганием в котле ЦКС (проба 2), что, вероятно, обусловлено низкой температурой сжигания угля в данной технологии, обычно не превышающей 900 °С. Важен и тот факт, что обе пробы золы отличаются повышенным содержанием СаО, что благоприятствует синтезу высокоактивных гидравлических фаз и, как результат, повышению прочности при термической обработке. Таким образом, существует реальная возможность получения зольного вяжущего при минимальных энергозатратах. В тоже время утилизация золы обеспечивает максимально полное использование минерального ресурса и, одновременно, исключает потребность в его отвальном складировании.

Библиографический список

1. Савинкина М.А., Логвиненко А.Т. Золой канско-ачинских бурых углей. Новосибирск: Наука, 1979. 165 с.
2. Малооков Е.Д., Щербин С.П., Петровский М.Б. Термоактивирование доменного шлака и новый вид продукции // Цемент и его применение. 1999. № 3. С. 28-30.
3. Зыбина Е.С., Уфимцев В.М. Термическая активация зол ТЭС // Энерго- и ресурсосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сборник материалов Всероссийской студенческой олимпиады 16-19 ноября 2009 г, научно- практической конференции и выставки студентов, аспирантов и молодых ученых. 14-18 декабря 2009 г. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. С. 379-381.